Aus der medizinischen Klinik der Universität Erlangen.
Vorstand: Professor Dr. med. Richard Greving.

Die Entwicklung der Pneumographie.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen medizinischen Fakultät

der

Friedrich-Alexanders-Universität zu Erlangen

vorgelegt von

Johann Leitner
Medizinalpraktikant aus Nürnberg.

Tag der mündlichen Prüfung: 29. Oktober 1937.

Buchdruckerei Michael Krahl, Erlangen-Bruck
1937

Dekan und Referent: Prof. Dr. R. Greving.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meiner lieben Frau!

Die vorliegende Arbeit soll einen Ueberblick geben über die Entwicklung der Pneumographie. Unter Pneumographie versteht man die graphische Registrierung der Bewegungen des Thorax oder des Abdomens bei der Atmung mittels eigens dazu konstruierter Apparate. Diese Apparate heißen Pneumographen. In Verbindung mit Gasuhren kann man sie auch zur Bestimmung der mittleren Atemtiefe verwenden. Rhythmusstörungen der Atmung, wie sie bei bestimmten Krankheiten, besonders Kreislaufkrankheiten und Erkrankungen der Atmungsorgane vorkommen, können mit Hilfe solcher Pneumographen einwandfrei wiedergegeben werden. Die aufgenommenen Atmungskurven, Pneumogramme genannt, sind daher sehr oft ein wertvolles diagnostisches Hilfsmittel. Sie geben Feinheiten in den Atmungsbewegungen wieder, die das bloße Auge nicht mehr erkennt.

Der Gedanke, die Atembewegungen graphisch zu registrieren, ist schon ziemlich alt und es sind zu diesem Zwecke eine große Anzahl von Apparaten konstruiert worden. Allen diesen Konstruktionen lag das Ziel zugrunde, die Atmungsbewegungen möglichst genau und zuverlässig wiederzugeben, die komplexe Erscheinung der äußeren Atmung so gut wie möglich zu analysieren, um daraus eventuell Schlüsse ziehen zu können auf die Art der zugrundeliegenden Erkrankung. Schon die große Anzahl von Pneumographen läßt auf die Schwierigkeiten schließen, die mit der Aufzeichnung verbunden sind.

In den folgenden Seiten sollen die bekanntesten Pneumographen und das Prinzip, nach dem sie konstruiert sind und nach dem sie die Aufzeichnungen vornehmen, geschildert werden. Auch werden jeweils eventuelle Nach-

teile und Fehlerquellen, die den Apparaten anhaften, kurz genannt werden.

An sämtlichen Pneumographen, ob sie ihrem technischen Aufbau nach einfach oder sehr kompliziert zusammengesetzt sind, lassen sich vier wesentliche Grundbestandteile erkennen:

Diese sind:

1. Das Abnahmegerät für die Thoraxbewegungen.
2. Die Ueberleitungsvorrichtung zum Registriergerät.
3. Das Registriergerät.
4. Die Zeitschreibung. Sie ist nicht immer vorhanden und fehlt besonders bei älteren Apparaturen.

Will man die Brauchbarkeit und besonders die Leistungsfähigkeit der einzelnen Apparaturen beurteilen, so müssen grundsätzlich zwei Haupttypen von Pneumographen unterschieden werden: Einmal Vorrichtungen, welche die Bewegungen einzelner oder mehrerer Punkte der Brust- und Bauchwand, einseitig oder doppelseitig, aufzeichnen. Gründlich verschieden hiervon ist eine zweite Gruppe von Pneumographen. Bei dieser ist die Aufnahmevorrichtung durch einen Gürtel, der rings um den Thorax oder das Abdomen läuft, befestigt. Dementsprechend werden nicht die Bewegungen einzelner Teile und Punkte der Brust- oder Bauchwand aufgezeichnet, sondern die Exkursionen eines ganzen Brust- oder Bauchumfanges. Beide Systeme haben ihre Vor- und Nachteile, die nach der Beschreibung der Apparate noch erwähnt werden sollen.

I. Pneumographen zur Registrierung einzelner oder mehrerer Thoraxpunkte.

Die ersten Aufzeichnungen nach diesem System machten Vierordt und G. Ludwig im Jahre 1855. Sie legten einarmige Hebel, „Vierordt'sche Fühlhebel", von einem seitlich angebrachten Stativ auf die Körperoberfläche. Die Hebelbewegungen wurden auf eine Kymographiontrommel aufgezeichnet.

Nach ähnlichem Prinzip, aber schon in etwas vollkommenerer Form ist der Doppelstethograph von

Riegel gebaut. Das Stativ trägt hier zwei Schreibhebel, die nicht mehr direkt auf der Körperoberfläche aufliegen, sondern mit zwei senkrecht stehenden Stäben gelenkig verbunden sind, die den zu untersuchenden Stellen der Brustwand aufgelegt werden. Die Schreibvorrichtung besteht aus einer rechteckigen Tafel aus berußtem Glas oder durchscheinendem Papier. Sie wird mittels Uhrwerk in gleichmäßigem Zeitmaß an den Schreibhebeln vorbeigeführt und zwar zeichnet der eine Hebel auf der Vorderseite, der andere auf der Rückseite auf. Wenn man die Schreibtafel mit den aufgezeichneten Atmungskurven gegen das Licht hält, so kann man etwaige Verschiedenheiten in den beiden Kurven leicht erkennen. Es können also mit diesem Apparat die Bewegungen zweier Punkte gleichzeitig aufgeschrieben werden. Die Punkte können auf verschiedenen Seiten der Brustwand liegen. Ferner gestattet eine Verstellungsvorrichtung an dem Schreibhebel eine Vergrößerung der Kurvenzeichnung.

Der einfachste Pneumograph, der je angegeben wurde, ist der von Gerhardt. Hier findet überhaupt keinerlei Uebertragung statt. Der Pneumograph besteht im wesentlichen nur aus einem senkrecht auf die Brustwand aufzusetzenden, mit einer Schreibfeder versehenem Stabe. Die Schreibfeder macht auf einer vorbeiziehenden Platte — ohne Vergrößerung — die Auf- und Abwärtsbewegung des betreffenden Punktes mit.

Ackermann untersuchte im Jahre 1864 die respiratorischen Exkursionen von 18 verschiedenen Punkten der vorderen Thoraxfläche an jungen Männern. Er gibt aber in seiner Schrift keine genaue Beschreibung des Apparates, dessen er sich bei seinen Untersuchungen bedient hat. Er gibt lediglich an, daß „die respiratorischen Exkursionen vermittels einer korrekten Hebelvorrichtung auf das Kymographion übertragen werden.“ Es wird wohl ebenfalls ein einfach gebauter Pneumograph gewesen sein, ähnlich den von Vierordt und Ludwig.

Dem Doppelstethograph von May liegt das Prinzip des vorher beschriebenen Riegel'schen Doppelstethographen

zugrunde. Sein Apparat dient hauptsächlich zur Regiestrierung der Bewegung zweier auf verschiedenen Seiten liegender Punkte, weil durch die vergleichende Beobachtung der Exkursionen der beiden Thoraxhälften wichtige klinische Aufschlüsse zu erhalten sind. Die Verschiedenheit von dem Riegel'schen Apparat besteht darin, daß die Kurven auf einer Kymographion-Trommel aufgezeichnet werden können. Der Hebel zeichnet die Kurven in zweifacher Vergrößerung.

Statt des Hebelsystems bediente sich P. Bert des Luftübertragungsverfahrens zur Registrierung der Bewegung eines einzelnen Punktes der Brustwand. Das Stativ trägt an Stelle eines Hebels eine Aufnahmetrommel mit einer Pelotte, die auf den zu untersuchenden Punkt der Brustwand zu liegen kommt. Mit der Aufnahmetrommel ist eine Registriertrommel verbunden.

Bei den bisher beschriebenen Apparaten lassen sich Kurven nur bei völliger Unbeweglichkeit beim Liegen der Versuchsperson erhalten. Schon geringe Bewegungen des ganzen Körpers stören das Kurvenbild. Um solche Störungen zu vermeiden, wurden eine Reihe von Apparaten angegeben, denen das Prinzip des Zirkels zugrunde liegt. Die beiden Zirkelspitzen werden den beiden zu registrierenden Punkten der Brustwand angelegt. Bei der Atmung verschieben sich die Arme des Zirkels gegeneinander. Diese Verschiebung wird mittels besonderer Vorrichtungen registriert. Es handelt sich also bei diesen Apparaten lediglich um eine Registrierung der Entfernungsänderung zweier Thoraxpunkte bezw. der Verschiebung gegeneinander bei der Atmung. Ihre Brauchbarkeit ist daher entsprechend ihrer Leistung sehr eingeschränkt.

Ein solcher nach dem Prinzip des Zirkels gebauter Apparat ist der Thoracograph von A. Fick. Die Spitzen der Zirkelarme werden die beiden Brustwandpunkten angelegt und durch ein Gummiband leicht angedrückt. Die freien Zirkelarme tragen eine spritzenförmige Registriervorrichtung von folgender Beschaffenheit: Ein Glaszylinder ist an dem Ende des einen Armes befestigt, darin befin-

det sich ein Kolben, der mit dem anderen Arm gelenkig verbunden ist. Bei Bewegung der Zirkelarme geht der Kolben hin und her. Diese Bewegung wird durch Luftübertragung auf eine Marey'sche Kapsel übergeleitet, welche die Registrierung vornimmt.

Levy-Dorn hat einen im Prinzip analogen Thoracographen konstruiert. Statt der spritzenförmigen Vorrichtung ist hier eine Aufnahmetrommel mit einem dagegen gedrückten, durch Schraube verstellbaren Stift an den beiden freien Zirkelarmen befestigt.

Der Thoracograph von P. Bert ist ebenfalls ein Tasterzirkel, bei dem die Aufnahmetrommel für das Luftübertragungsverfahren an das Ende eines von den beiden langen Zirkelarmen befestigt ist, sodaß die Pelotte der Trommel dem einen Punkte der Brustwand angelegt werden kann. Das mit einem Plättchen versehene Ende des anderen langen Zirkelarmes wird wieder dem anderen Punkte der Brustwand angelegt. Die Registrierung übernimmt ebenfalls eine Marey'sche Kapsel.

Ebenfalls zur Registrierung der Entfernungsänderung zweier Thoraxpunkte hat Burdon-Sanderson einen Apparat angegeben, der hinsichtlich der Leistung dem vorher genannten Thoracographen gleichzustellen ist. Der Apparat, Recording-Stethometer genannt, besteht aus einem U-förmigen Rahmen. An dem einen Arm des Rahmens befindet sich die Aufnahmetrommel mit der Pelotte, an dem Ende des anderen Armes befindet sich an einer verstellbaren Stange ein Elfenbeinknopf, der dem zweiten Brustwandpunkt angelegt wird. Der Apparat wird mittels eines Bandes um den Hals der Versuchsperson gehängt.

Die sämtlichen bisher beschriebenen Apparaturen gehören alle zu den ältesten aus den Anfängen der Pneumographie. Etwas neuere Pneumographen zur Registrierung von Thoraxpunkten sollen anschließend geschildert werden.

Raffauf und Engelhard haben zusammen folgende Vorrichtung zur Aufzeichnung konstruiert: Der Abnehmer für die Thoraxbewegungen stellt im Prinzip ein umge-

kehrtes Spirometer dar. Er besteht aus zwei ineinander gleitenden zylindrischen Glasröhren. Die untere Röhre ist bis zu drei Viertel ihrer Höhe mit Oel gefüllt, das als Abschlußflüssigkeit des Systems und als Gleitmittel dient. Die Volumschwankungen des Systems werden durch einen Gummischlauch auf die Gleitvorrichtungen übertragen. Letztere stellt ein Manometer mit einem Schwimmer dar, auf dem eine Schreibfeder angebracht ist. Die Flüssigkeit in dem Manometer ist Petroleum. Die Schreibfeder zeichnet in senkrechter Schreibung die Bewegungen auf ein Kymographion auf. In den Verlauf des Gummischlauches ist zur Regulierung des im System herrschenden Druckes ein T-Rohr mit Schlauchstück und Quetschhahn eingeschaltet. Die Atmungskurven werden in $1^1/_2$facher Vergrößerung wiedergegeben. Wenn man unter gleichen Bedingungen gleichzeitig mehrere solche Systeme am Thorax ansetzt, so kann man also damit ebenfalls mehrere Stellen des Thorax registrieren und miteinander vergleichen. Zur Abnahme der Flankenatmung konstruierten die Verfasser außerdem noch einen gleicharmigen, im rechten Winkel abgebogenen Hebel, der an der Winkelspitze drehbar fixiert ist. Der eine Winkelarm nimmt die Flankenbewegungen ab und überträgt sie auf den an den anderen Winkelarm ruhenden Abnehmer. Die Verfasser geben eine Fehlerquelle der ganzen Apparatur zu, nämlich die Schwankung des Oelspiegels im Abnehmer. Ferner muß nach ihren Angaben ständig darauf geachtet werden, daß der Druck im Schlauchsystem immer derselbe bleibt, sonst ergeben sich Unterschiede in der Größe der Kurvenzeichnung. Was die Verfasser kaum erwähnen, ist aber die Tatsache, daß Oel eine große Viskosität besitzt. Das System arbeitet daher sicher zu träge, indem die Feinheiten der Aufzeichnungen darunter leiden. Weiterhin können die mit der Hilfsübertragung des Flankenhebels gewonnenen Atmungskurven nicht in Beziehung gesetzt werden zu den an anderen Stellen ohne Hebelübertragung gewonnenen. Schließlich ist es wichtig zu erwähnen, daß die beiden Autoren an ihrem Apparat zwei verschiedene Systeme

verwenden, nämlich zur Abnahme der Bewegungen einen im Prinzip umgekehrten Spirometer und zur Aufzeichnung ein Manometer. Dadurch ist selbstverständlich eine Verschiedenheit der Drucke im ganzen System vorhanden.

Eine ziemlich einfache und doch sehr genaue, nahezu quantitative Methode haben Anthony und Hansen angegeben, nämlich die Uebertragung der Brustwandbewegungen durch unelastische Fäden. An einem großen Stativ wird ein Bügel fixiert, an dem sich eine Reihe nach allen Seiten beweglicher Rollenscheiben befinden. Auf der Brustwand werden die zu registrierenden Punkte markiert und kleine Heftpflasterstücke darauf geklebt, in deren Mitte vorher ein kleiner Ring befestigt wurde. Von diesen Ringen laufen Fäden über die Rollenscheiben zu den Schreibhebeln. Das Registriergerät besteht aus leichten Aluminiumzeigern, Zeitschreibung und einem Kymographion. Es ist dabei zu beachten, daß die Fäden senkrecht von der Brustwand abgehen, denn bei schrägem Fadenverlauf würden die erhaltenen Kurvenwerte zu klein werden. Ferner müssen die Fäden immer gut gespannt sein, damit kein merkbarer Bewegungsverlust entsteht. Die Fädenspannung kann durch Gewichte bewerkstelligt werden. Die markierten Punkte sollen nach Möglichkeit nicht in einem Interkostalraum liegen, da in diesem Falle der Ausschlag sowohl die Thoraxbewegungen als auch die Bewegungen des Interkostalraumes wiedergibt. Bei gutgenährten und muskulösen Menschen, ist dies nicht von Einfluß auf die Kurvenform. Aber bei kachektischen Personen kann die Mitregistrierung der Interkostalraumbewegung schon von Einfluß auf die Kurve sein. Durch gleichzeitige Anwendung des Thoracographen und eines Spirographen haben die Verfasser auch Aufschlüsse über die Volumenanteile der beiden Thoraxseiten erhalten.

Die ebenfalls auf dem Hebelprinzip aufbauende Apparatur von Oker-Blom sei nur kurz erwähnt, da sie lediglich die Brustwandbewegungen in der Supra-Klavikulargegend aufzuzeichnen gestattet. Es sind zwei Hebel vorhanden, deren langer Arm auf ein Registrierrad einwirkt.

Ein weiterer Pneumograph zur Registrierung einzelner Thoraxstellen wurde von Ssokolow angegeben. Er machte mit seinem Apparat, den er „differentiellen Pneumograph“ nannte, Atmungsstudien an Kindern. Die erhaltenen Kurven suchte er für die Diagnosestellung zu verwerten und bewies die Brauchbarkeit der Kurven für diesen Zweck durch Beifügung von Röntgenaufnahmen.

Zunächst benutzte er zur Abnahme der Bewegungen zwei Gummiballons, die auf symmetrische Stellen der vorderen Brustwand jederseits aufgelegt wurden. Diese beiden Gummiballons standen durch Röhren mit zwei anderen, gleich großen Gummiballons in Verbindung. Auf letztere wurde je ein Hebelchen aufgelegt, das ihre Volumenveränderungen aufzeichnete. Bei der Atmung veränderte sich das Volumen durch Druck in den der Brustwand anliegenden Ballons, diese Volumänderung teilte sich den zwei anderen Gummiballons mit, welche sie auf eine rotierende Trommel aufzeichneten. Nach diesem System war aber eine Differenzierung der einen Brusthälfte von der anderen unmöglich, da man die Ballons mit Zirkeltouren an die Brustwand festschnallen mußte. Daduch wurde aber die Bewegung der einen Thoraxseite auf die andere übertragen. Diese Apparatur befriedigte den Verfasser nicht und er konstruierte einen neuen Pneumographen, diesmal nach dem bekannten Prinzip der Hebelübertragung. Der neue Apparat besteht aus einem Brettstativ, auf dessen Enden zwei Metallstangen stehen. Auf diesen Stangen bewegt sich auf- und abwärts ein Rahmen, in dessen unterstem Teil jederseits dünne metallische Spangen horizontal gelagert sind und um ihre Längenachse sich frei bewegen. Auf jeder dieser Achsen befindet sich ein kleiner Kniehebel mit einer Verbreiterung am unteren Ende. Sämtliche Hebelchen sind frei beweglich konstruiert und werden auf beliebigen symmetrischen Stellen der Brustwand mittels Heftpflasters aufgeklebt. Diese Bewegungen werden dann ebenfalls wieder durch Schreibfedern auf eine rotierende Trommel registriert. Der neue Pneumograph ist bedeutend besser als der zu-

erst angegebene, da er die Bewegungen jeder Thoraxseite sehr viel genauer und unabhängig voneinander registriert. Die Atmungskurven selbst können um das 5- bis 10fache vergrößert werden.

Aehnliche Untersuchungen bei gesunden und kranken Kindern machte Fauth. Auch dieser konstruierte sich wieder einen eigenen Apparat. Er übertrug mittels auf der Brust der Kinder befestigter Fäden die Brustwandbewegungen auf Hebel, welche auf eine Kymographiontrommel schrieben. Fauth wandte also eine ähnliche Methode an, wie sie später Anthony und Hansen gebrauchten. Die Fäden müssen zu der zu untersuchenden Thoraxstelle wiederum senkrecht stehen und ebenfalls straff gespannt sein. An dem Apparat sind im ganzen drei bewegliche Rollen und ebensoviele Hebel vorhanden. Außerdem ist gleichzeitig noch eine Marey'sche Trommel zum Schreiben des Pulses und ein Jaquet'scher Zeitmesser an der Apparatur angebracht. Es werden demnach auf dem Kurvenbild die Bewegungen von drei verschiedenen Thoraxstellen, der Puls in seinem Verhalten zur Atmung und die genaue Zeit in Sekunden angezeigt. Der Apparat behindert die Atembewegung in keiner Weise. Die Reibung der Uebertragungsvorrichtungen ist derart unbedeutend, daß sie praktisch bei der Beurteilung der Kurve vernachlässigt werden darf. Um jede psychische Erregung des Kindes, welche meistens eine Aenderung der Atmung bewirkt, zu vermeiden, ist der Hauptbestandteil des ganzen Pneumographen hinter dem Kind aufgestellt.

Weitere solche Untersuchungen, aber beim Erwachsenen, nahmen Richter und Keil vor.

Richter wählte sich geeignete Versuchspersonen aus und setzte auf der einen Thoraxseite einen Jaquet'schen Sphygmographen im 2., 3. oder 4. Interkostalraum auf und an der entsprechenden Stelle der entgegengesetzten Thoraxseite eine Marey'sche Kapsel oder einen kleinen Gummiball. Die ganze Vorrichtung wurde am Thorax durch einen Gürtel fixiert. Die Uebertragung wurde durch Luftdruck auf das übliche Registriergerät übergeleitet.

Keil hat die Untersuchungen von Richter einer Nachprüfung unterzogen und verwendet zu seinen Aufzeichnungen auf jeder Seite je eine Knoll'sche Atmungsflasche wie sie später noch geschildert wird. Diese beiden Knoll'schen Flaschen werden durch Schlingen fixiert, die Enden der Schlingen laufen über eine feststehende Rolle. Die Schnüre der Schlingen werden durch Gewichte in Spannung gehalten. Die Druckschwankungen in den Gummiflaschen werden von der Trommel eines Knoll'schen Polygraphen verzeichnet.

Eine weitere Modifikation ist der Apparat von Liebmann. Hier werden kleine Glastrichter mit einer dünnen angespannten Gummimembran überzogen. Auf der Membran sitzt ein Stift auf breiter Basis. Die kleinen Trichter dienen zur Abnahme der Thoraxbewegungen und sind an einem beweglichen Rahmen mit Stativ befestigt. Sie können an beliebigen Stellen jeder Thoraxseite aufgesetzt werden. Die offenen Enden der Glastrichterchen sind durch Schläuche mit einem Jaquet'schen Sphygmographen verbunden. An Stelle des Sphygmographen kann auch ein Kymographion verwendet werden. Es ist lediglich durch die Anwendung des Jaquet'schen Sphygmographen der Vorteil noch mit vorhanden, gleichzeitig auch noch eine Pulskurve mit auf das Kurvenbild zu bringen.

Der Verfasser erwähnt noch am Schluß, daß zur Erkennung und richtigen Beurteilung von lokalen Einziehungen und alternierenden Atmungswellen immer eine ganze Reihe von Kurven aufgenommen werden muß.

II. Pneumographen zur Registrierung von Umfangsänderungen.

Auch in diesem Abschnitt sollen die älteren Apparate zuerst gebracht werden. Einer der ältesten, bekanntesten und in der Klinik am meisten verwendeten Apparate ist der Thoracograph von Marey. Von diesem gibt es ein älteres und ein neueres Modell. Das ältere Modell ist von Bert modifiziert worden. Das Grundprinzip ist dabei immer die mechanische Abnahme der Thoraxbe-

wegungen und ihre Uebertragung auf eine Kapsel. Die Uebertragung von der Kapsel zum Schreibgerät geschieht durch Luft. Bei den drei Apparaten wird die Inspiration durch ein Absinken, die Exspiration durch ein Ansteigen der Kurve angezeigt. Guinard empfiehlt daher eine weitere Modifikation, bei der die Kurve bei Inspiration ansteigt und bei Exspiration sinkt. Er setzt eine Aufnahmetrommel mit ihrer Metallfläche auf die Brustwand auf. Die Gummimembran ist nach außen noch durch eine im Innern der Trommel befindliche Spiralfeder aufgetrieben und auf den Konus drückt ein einarmiger Hebel, an dessen freies Ende ein um die Brust gelegtes Band zieht. Das Band nimmt die Thoraxbewegung ab und überträgt sie auf den Hebel.

Brondgeest verwendet eine Aufnahmetrommel mit einer doppelten Gummimembran, in welcher sich Luft befindet.

Knoll und Zuntz vereinfachen die technische Vorrichtung zur Registrierung der Umfangsänderung noch weiter.

Zuntz bedient sich statt der auf der Brust zu befestigenden Kapsel eines langen Gummischlauches, der auf Leder montiert ist. Er nennt ihn „Atemgürtel". Der Gürtel nimmt die Bewegungen des ganzen Thorax in gleicher Weise ab wie eine Kapsel und wird ebenfalls wieder mit einer Registriertrommel verbunden.

Knoll nimmt einen flachen Gummibeutel, der mittels Lederriemens um den Körper geschnallt und mit einer Registriertrommel verbunden wird.

Bei diesen Pneumographen, die sowohl die Abnahme der Bewegungen als auch die Ueberleitung auf das Registriergerät mittels Luftübertragung vornehmen, muß vor allem darauf geachtet werden, daß der Luftdruck im ganzen System ständig gleich bleibt. Ist dies nicht der Fall, dann ändert sich die Kurvenform und die Aufzeichnungen können untereinander nicht verglichen werden. Rothe demonstriert dies an Hand eines Gutzmann'schen Gürtelpneumographen, den er mit einem Quecksilberdoppel-

manometer verbindet. Das Quecksilberdoppelmanometer soll die Druckänderungen im System anzeigen. Es ist zwischen Gürtel und Schreibkapsel eingeschaltet. Es zeigt sich, daß eine Druckerhöhung im System, erzeugt durch ein Festerschnallen des Gürtels nach seiner Anlegung, eine Erniedrigung der Kurve ergibt, Der Gutmannsche Gürtelpneumograph selbst besteht aus einem etwa 50 cm langen Kautschukrohr, dessen Enden geschlossen sind. In der Mitte befindet sich eine Ausflußröhre aus Kautschukschlauch, welche beim Gebrauch mittels eines Schlauches mit der Schreibkapsel verbunden wird. Der Gürtelpneumograph wird durch ein unelastisches Gurtband mit Schnalle an den Leib des Patienten geschnallt.

Aron verwendet ebenfalls eine Marey'sche Kapsel zu seinen pneumographischen Studien. Mittels eines Gurtes wird die Marey'sche Kapsel auf der Brustwand des zu Untersuchenden festgemacht und durch einen Gummischlauch mit einem Quecksilbermanometer verbunden. Letzteres trägt einen Schwimmer und eine Zeichenfeder und zeichnet damit die Bewegungen auf einen Papierstreifen auf, der mittels Uhrwerk von einer Trommel entrollt wird. Zuerst füllte Aron die Kapsel mit Luft, später mit Wasser. Die Wasserfüllung hat vor der Luftfüllung den Vorzug, daß sie viel weniger kompressibel ist, sodaß die Thoraxbewegungen genauer und vollkommener aufgezeichnet werden. Aron wählte als Applikationsstelle für seine Apparatur die Herzgegend, da er an dieser Stelle außer der Atmungskurve auch noch die Bewegungen der Thoraxwand durch die Herzaktion mitaufzeichnen wollte. Der Verfasser bringt dann noch in seiner Abhandlung Atmungskurven, die mit seinem Apparat aufgenommen wurden. Er zeigt Kurven von Menschen, die unter Morphiumwirkung stehen, von Patienten, mit Cheyne-Stokes'schm Atem, Asthma bronchiale, Trachealstenose und Emphysema pulmonum.

Einen Taschenpneumographen hat Hofbauer angegeben. Er hatte schon vorher sich einen großen

Pneumographen konstruiert, der im Prinzip dem Stethographen Riegels fast gleich war. Der Taschenpneumograph ist auf dem Prinzip des Marey'schen Thoracographen aufgebaut. Nur wird statt Luftübertragung die Hebelübertragung angewandt. Die Enden des den Thorax fest umfassenden Bandes tragen zwei mittels eines federnden Mittelanteils verbundene schmale Platten. Bei der Atmung bewegen sich die beiden Platten und werden im Winkel gegeneinander abgebogen. Diese Bewegung wird durch ein Hebelwerk einer Gabel mitgeteilt und durch diese wieder dem Schreibhebel. Vor dem Schreibhebel zieht mittels Uhrwerk ein Streifen berußten Glanzpapiers vorbei.

Der Thoracograph von Jaquet versucht das Problem der Registrierung der Brustkorbbewegungen in folgender Weise zu lösen: Ein straff um den Brustkorb gelegtes Band, das auf dem Rücken fixiert und an den freien Enden mit dem Aufzeichnungsgerät verbunden ist, überträgt die Bewegung jeder Thoraxhälfte direkt auf einen Schreibhebelmechanismus mit zwei Hebeln. Der Thoracograph gestattet also eine getrennte Registrierung der linken und der rechten Thoraxhälfte.

Sehr eingehende Untersuchungen über die Pneumographie hat Enghoff ausgeführt. Die von ihm angegebene Apparatur ist technisch sehr kompliziert zusammengesetzt und dient zur Untersuchung der Atmung im Barospirator. Dieser ist eine Konstruktion von Thunberg und dient zur künstlichen Atmung. Die künstliche Atmung, wird dadurch zustande gebracht, daß die Luft in der Respirationskammer des Apparates durch eine Pumpenanlage ständige Druckänderungen im Rhythmus der Atmung erfährt. Enghoff will feststellen, ob und wann Apnoe bei der in der Kammer eingeschlossenen Versuchsperson eingetreten ist. Der Pneumograph, den er bei der Versuchsperson anlegt, muß unabhängig von diesen rhythmischen Druckschwankungen sein. Dies erreicht Enghoff dadurch, daß er die Druckänderungen kompensiert. Dazu verbindet er zwei in Zylindern eingepaßte Kolben mit je einem Ende von einem Wagearm. Die Kolben haben

gleichgroße Querschnitte und ihre Hebelarme sind gleichgroß, daher halten die Kolben einander im Gleichgewicht. Zur Abnahme der Bewegungen dienen Bandstreifen. An sie angeschlossen ist ein Hebelarm, welcher die Umrißveränderungen des Thorax dem einen Kolben zuführt, welcher sie wieder durch den Wagearm dem anderen Kolben zuleitet. Die innerhalb der Zylinder, dieser Kolbenverschiebung zufolge, auftretenden Volumenschwankungen werden nach Marey'schen Kapseln übergeleitet und von diesen registriert.

Liedholm registrierte ebenfalls die Atembewegungen in dem Thunberg'schen Barospirator. Er verzichtet auf die von Enghoff benutzte Luftübertragung und verwendet an deren Stelle die direkte Uebertragung der Querschnittschwankungen durch eine Anordnung, die ähnlich dem Metallauslöser für Photographenapparate gebaut ist. Dadurch ist eine Kompensation der Druckvariationen nicht mehr nötig.

Vischer beschreibt einen von Verzar konstruierten Apparat, der die Bewegungen des Thoraxumfanges direkt registriert. Er besteht aus einem Kymographion, auf dem ein Schreiber, der mit einem unelastischen Band den Thorax umgibt, den Thoraxumfang registriert. Zur Gewährleistung eines festen Sitzes der Apparatur am Thorax verwendet der Autor ein aus steifer Leinwand angefertigtes, für verschiedene Brustweiten einstellbares Korsett, welches den Apparat trägt. Es soll nach seinen Angaben die Atmung nicht behindern. Mit diesem Apparat ist es möglich, nicht nur die Aenderungen des Thoraxumfanges zu registrieren, sondern auch die Volumenänderungen der Lunge, die sich in der Mittellage ausdrücken, zu verfolgen. Verzar weist mit diesem Apparat nach, daß unter allen Bedingungen, bei denen der Körper ein vermehrtes Sauerstoffbedürfnis zeigt (körperliche Arbeit, Sport usw.) das Lungenvolumen vergrößert wird und bei der Atmung sich eine neue Mittellage einstellt, die gegenüber der Ruhelage erhöht ist.

Bei einem zusammenfassenden kritischen Ueberblick

über die zur Registrierung der Atembewegungen konstruierten Apparate ergibt sich, daß beide Gruppen Vor- und Nachteile an sich haben.

Eine Aufzeichnung, die proportional den Atembewegungen ist, erfolgt nur bei den nach dem Prinzip der Hebelübertragung arbeitenden Apparaten und bei Apparaten mit Luftübertragung nur dann, wenn sich der Druck im übertragenden System nicht ändert.

Bei der Gruppe, welche lediglich die Druckänderungen registrieren — dazu gehören alle Gürtelpneumographen und alle Pneumographen mit Marey'scher Kapsel — ist die Atemkurve nicht streng proportional zu den Atembewegungen. Dafür haben aber diese Apparate wiederum den Vorteil, daß sie eine zeitlich sehr genaue Registrierung vornehmen und auch die Feinheiten der Atembewegungen besser zur Darstellung bringen.

Bei den Apparaten mit dem Prinzip der Hebelübertragung muß mit einem gewissen Grad von Bewegungsverlust, den wir mit einem technischen Ausdruck als „toten Gang" bezeichnen, gerechnet werden. Je komplizierter diese Apparate gebaut sind, desto stärker machen sich die Reibungswiderstände an den Gelenken der Hebel bemerkbar und desto größer ist daher der Bewegungsverlust.

Man muß also bei der Beurteilung der Pneumogramme stets das System berücksichtigen, nach dem die Atembewegungen aufgezeichnet wurden.

Für die freundliche Ueberlassung des Themas und für die wertvollen Anregungen bei der Abfassung der Arbeit möchte ich Herrn Oberarzt Dr. zu Jeddeloh an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank aussprechen.

Literaturverzeichnis.

Ackermann, Th.: Zur Physiognomik und Mechanik der Atembewegungen. Zbl. med. Wiss. 1864, Nr. 8.

Anthony, A. J.: Funktionsprüfung der Atmung. Leipzig 1937.

Anthony, A. J. und Hansen, R.: Eine einfache Methode für bilaterale Thoracographie. Beitr. Klin. Tbk. Bd. 72, S. 217, 1929.

Aron, E.: Graphische Darstellung einiger Atmungstypen des Menschen. Virch. Arch. Bd. 129, S. 426, 1892.

Bert, P.: Lecons sur la physiologie comparée de la respiration. Paris 1870, und Arch. de physiol. norm. et pathol. 2, 178, 1869. Zitiert nach Schenck, F.

Bois-Reymond, R. du: Methoden zum Studium der Atemmechanik. Hdb. d. biol. Arbeitsmethoden v. E. Abderhalden. Abt. V, Teil 4/II. 1927. S. 1663 (Hdb.).

Brondgeest: Onderzoerkingen Physiol. Laborator. Utrecht. III. 2. S. 326, 1873. Zitiert nach F. Schenck.

Burdon-Sanderson: Handbook for the physological Laboratory. p. 291. Tafel XCIV. Zitiert nach F. Schenck.

Dresel, K.: Pneumographik. Klin. Laboratoriumstechnik von Th. Brugsch u. A. Schittenhelm. I. 1923. S. 184 (Hdb.).

Enghoff, H.: Ein neuer Pneumograph. Skand. Arch. für Physiol. (Berlin und Leipzig) Bd. 48, S. 95. 1928.

Enghoff, H.: Der Barospirator. Skand. Arch. f. Physiol. (Berlin und Leipzig) Bd. 52, 1927.

Fauth, H.: Graphische Darstellung der Thoraxbewegungen bei der Atmung gesunder und kranker Kinder. Schmidts Jahrb. der ges. Medizin. Bd. 322, S. 617. 1915.

Fick, A.: Würzburger Verhandlungen N. F. 3, 211, 1872 und gesammelte Abhandlungen. 3. Würzburg 1904. Zitiert nach F. Schenck.

Guinard: Arch. de physiologie norm. et pathol. Bd. XXV, S. 550, 1893. Zitiert nach F. Schenck.

Hofbauer, L.: Atmungspathologie und Therapie. Berlin 1921 (M.).

Jaquet, E.: Thoracometrie und Thoracographie. Hdb. d. biol. Arbeitsmethoden von E. Abderhalden, Abt. V, Teil 8, S. 1197. 1935 (Hdb.).

Keil, A.: Die Bewegung des Brustkorbes bei der Atmung. Münch. med. Wochenschr. 1913, S. 2457.

Knoll, W.: Prager med. Wochenschr. 1879, Nr. 21.

Levy-Dorn, M.: Experimentelle Untersuchungen über Rippenatmung und über Anwendung von Pflastern am Thorax. Z. klin. Med. Bd. 32, S. 435, 1897.

Liebmann, E.: Stethographische Studien. Z. klin. Med. 1917.

Liedholm, K.: Ein neuer Pneumograph. Skand. Arch. f. Physiol. (Berlin und Leipzig) Bd. 54, S. 94. 1929.

May, R.: Ueber einen Doppelstethographen zur Kurvenschreibung auf dem Kymographion. Dtsch. Arch. klin. Med. Bd. 71 S. 39. 1901.

Marey: Méthode graphique. Paris 1878, S. 542. Zitiert nach F. Schenck. (M.)

Oker-Blom: Ein portativer Apparat zur Messung der sagittalen Bewegung der Brustwand in der Subklavikulargegend. Skand. Arch. f. Physiol. (Berlin und Leipzig). Bd. 25, S. 204, 1911.

Raffauf, C. und Engelhard, A.: Ueber eine Vorrichtung zur Aufzeichnung der menschlichen Atembewegung. Dtsch. Arch. klin. Med. Bd. 144, S. 237, 1924.

Richter, G.: Bilaterale Pneumogramme bei Krankheiten der Lunge und Pleura. Münch. med. Wochenschr. 1912, S. 2216.

— Die Atmungsbewegung des Brustkorbes und der Interkostalräume bei Erkrankungen der Pleuren. Münch. med. Wochenschr. 1914. S. 310.

Riegel, Fr.: Die Atembewegungen. Würzburg 1873 und Dtsch. Arch. klin. Med. Bd. 10, S. 124. 1872 und Bd. 11, S. 379, 1873.

Rohrer, F.: Methoden zur Untersuchung der Atembewegung. Hdb. d. biol. Arbeitsmethoden v. E. Abderhalden, Abt. V, Teil 4/II, S. 1887, 1927 (Hdb.)

Rothe, K. K.: Ueber die Verwendung eines Quecksilberdoppelmanometers bei Aufnahme der Atembewegungen mit dem Gutzmannschen Gürtelpneumographen. Mschr. Ohrenheilk. Bd. 50, S. 466. 1916.

Schenck, F.: Atembewegungen. Hdb. d. physiol. Methodik v. R. Tigerstedt. Bd. 2 Abt. 2, Leipzig 1908 (Hdb.)

Sonne, C.: Ueber Registrierung der Respirationsphasen u. Studien über deren gegenseitige Längenverhältnisse. Skand. Arch. f. Physiol. (Berlin und Leipzig) Bd. 24, S. 367, 1911.

Ssokolow, Dm.: Der differentielle Pneunograph und seine Anwendung bei Kindern. Jahrb. für Kinderheilkunde. 25. Bd., S. 265, 1912.

Vierordt und Ludwig: Beiträge zu der Lehre von den Atmungsbewegungen. Arch. physiol. Heilkunde. Bd. 14, S. 253. 1855.

Vischer, A.: Untersuchungen über die Mittellage der Lungen mit Hilfe eines Thoracographen bei erhöhtem Sauerstoffbedarf. Bd. 234, 1934.

Zuntz, N., Loewy, A. und Müller-Caspary: Höhenklima und Bergwanderungen in ihrer Wirkung auf den Menschen. Berlin 1906. S. 165.

Lebenslauf.

Ich, Johann Leitner, bin am 3. Mai 1912 zu Nürnberg geboren als Sohn des Polizeihauptwachtmeisters Michael Leitner und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Maier. Von 1918 bis 1922 besuchte ich die städt. Volksschule in Nürnberg, von 1922 bis 1931 das staatliche Reformrealgymnasium in Nürnberg, wo ich im März 1931 die Reifeprüfung ablegte. Am 1. Mai 1931 begann ich das Studium der Medizin an der Universität Erlangen. Ich studierte insgesamt 12 Semester Medizin, davon 3 Semester an der Universität Berlin und 9 Semester an der Universität Erlangen. Die ärztliche Vorprüfung habe ich im Sommer 1934 in Erlangen abgelegt. Die ärztliche Staatsprüfung habe ich am 17. Juni 1937 in Erlangen bestanden. Anschließend war ich zwei Monate an der Heilstätte Pappenheim als Medizinalpraktikant tätig, dann zwei Monate an der Univ.-Frauenklinik Erlangen. Augenblicklich bin ich Medizinalpraktikant am Städt. Krankenhaus Elbing in Ostpreußen.